

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-109810

(43)Date of publication of application : 11.04.2003

(51)Int.Cl.

H01F 1/22
B22F 1/00
B22F 3/00
B22F 3/24
C21D 6/00
H01F 1/26
H01F 27/255

(21)Application number : 2001-302724

(71)Applicant : NEC TOKIN CORP

(22)Date of filing : 28.09.2001

(72)Inventor : TAKETOMI MASAYUKI
FUJIWARA TERUHIKO

(54) DUST CORE AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve permeability of a dust core, which is provided by pressing Fe-Si-Al alloy powder, and to reduce its loss.

SOLUTION: By using liquid quenching equipment comprising twin rolls, an alloy is powdered, and the alloy powder is then mechanically ground and classified by using a screen of a mesh size of 150 μm , and thus an aspect ratio is adjusted within the range of 1 to 2. Then the alloy powder is heat-treated at 500-900° C in the atmosphere to form an oxide film on the surface and thus to reduce eddy current loss and is molded at pressure ranging from 9.8 to 19.6 MPa to secure an enough compact density, and the compact is heat-treated at temperatures ranging from 500 to 1,000° C to remove the distortion having occurred at a forming step.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(51) IntCl. ¹	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 1 F 1/22		H 0 1 F 1/22	4 K 0 1 8
B 2 2 F 1/00		B 2 2 F 1/00	D 5 E 0 4 1
	3/00		B
	3/24		B
C 2 1 D 6/00		C 2 1 D 6/00	C
審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 6 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-302724(P2001-302724)

(22) 出願日 平成13年9月28日 (2001.9.28)

(71) 出願人 000134257

エヌイーシートーキン株式会社

宮城県仙台市太白区郡山 6 丁目 7 番 1 号

(72) 発明者 武富 賢征

宮城県仙台市太白区郡山 6 丁目 7 番 1 号

株式会社トーキン内

(73) 発明者 藤原 照彦

宮城県仙台市太白区郡山 6 丁目 7 番 1 号

株式会社トーキン内

F ダーム (参考) 4K018 AA26 BA16 BB10 BC01 BD01

CA02 FA09 GA04 KA44

5E041 AA04 CA03 HB11 HB17 NW06

(54) 【発明の名称】 圧粉磁芯及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 Fe-Si-Al 系合金粉末を圧縮成形して得られる圧粉磁芯の透磁率を向上し、ロスを低減すること。

【解決手段】 双ロールを備えた液体急冷装置を用いて、合金の粉末化を行い、次いで合金粉末に、機械的粉碎、目開き 150 μm の篩を用いた分級を施し、アスペクト比を 1~2 の範囲に調整する。そして、前記合金粉末を大気中、500~900℃で熱処理することで、表面に酸化被膜を形成して渦電流損失を低減し、9.8~19.6 MPa の範囲の圧力で成形して十分な成形体密度を確保し、前記成形体を 500~1000℃の温度範囲で熱処理して、成形工程で生じた歪みを除去する。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 Fe-Si-Al を主成分とし、篩による分級粒径が $150\text{ }\mu\text{m}$ 以下の合金粉末と、バインダーからなり、 20 kHz における交流比透磁率: μ 20 kHz が 100 以上、かつ、 20 kHz 、 0.1 T の測定条件における鉄損特性が、 $100\text{ KW}/\text{m}^3$ 以下であることを特徴とする圧粉磁芯。

【請求項2】 請求項1に記載の圧粉磁芯において、前記合金粉末のアスペクト比は1ないし2であることを特徴とする圧粉磁芯。

【請求項3】 請求項1もしくは請求項2のいずれかに記載の圧粉磁芯において、前記合金粉末は、双ロール式の液体急冷装置で作製された合金粉末を、機械的に粉砕してなることを特徴とする圧粉磁芯。

【請求項4】 請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の圧粉磁芯において、前記合金粉末は大気中で $500\sim 900^\circ\text{C}$ の温度範囲で熱処理されてなることを特徴とする圧粉磁芯。

【請求項5】 請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の圧粉磁芯において、前記バインダーはシリコーン系樹脂からなり、 $9.8\sim 19.6\text{ MPa}$ の成形圧力で成形され、成形体が $500\sim 1000^\circ\text{C}$ の温度範囲で熱処理され、かつ、成形体密度が $5.3\sim 6.1\text{ g}/\text{cm}^3$ であることを特徴とする圧粉磁芯。

【請求項6】 請求項1ないし請求項5のいずれかに記載の圧粉磁芯に、少なくとも1ターン以上の巻線を施してなることを特徴とするチョークコイル及びトランス。

【請求項7】 Fe-Si-Al を主成分とする合金を双ロールを備えた液体急冷装置により粉末化する工程、前記合金粉末を機械的に粉砕する工程、前記機械的に粉砕された合金粉末を篩により分級する工程、前記分級された合金粉末を大気中で熱処理する工程、前記熱処理された合金粉末を成形する工程、前記成形体を熱処理する工程を含むことを特徴とする請求項1ないし請求項5に記載の圧粉磁芯の製造方法。

【請求項8】 請求項7に記載の圧粉磁芯の製造方法において、前記分級工程に用いる篩の目開きは $150\text{ }\mu\text{m}$ であることを特徴とする圧粉磁芯の製造方法。

【請求項9】 請求項7に記載の圧粉磁芯の製造方法において、前記合金粉末の熱処理は、 $500\sim 900^\circ\text{C}$ の温度範囲で行なうことを特徴とする圧粉磁芯の製造方法。

【請求項10】 請求項7に記載の圧粉磁芯の製造方法において、前記成形工程の成形圧力の範囲は、 $9.8\sim 19.6\text{ MPa}$ であることを特徴とする圧粉磁芯の製造方法。

【請求項11】 請求項7に記載の圧粉磁芯の製造方法において、前記成形体の熱処理は、 $500\sim 1000^\circ\text{C}$ の温度範囲で行なうことを特徴とする圧粉磁芯の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、チョークコイルやトランスなどに用いられる圧粉磁芯に関し、特にそれら圧粉磁芯の透磁率や損失特性の向上に関わるものである。

【0002】

【従来の技術】 高周波で用いられるチョークコイルとしては、フェライト磁芯や圧粉磁芯が使用されている。これらのうち、フェライト磁芯は、飽和磁束密度が小さいという欠点を有している。これに対して、金属粉末を成形して作製される圧粉磁芯は、軟磁性フェライトに比べて高い飽和磁束密度を持つため、直流直流量に優れているという長所を有している。

【0003】 しかし、圧粉磁芯は、金属粉末を有機バインダーなどと混合して、圧縮成形して作製するため、透磁率が低く、また透磁率の高周波特性が不十分であるという欠点を有している。一方、近年の電子機器の小型化、軽量化への要請に伴う電子部品品の小型化の要求に対し、圧粉磁芯の磁気特性に対しても、高特性化が強く望まれている。

【0004】 具体的な例として、圧粉磁芯の小型化を達成しつつ、コイルのインダクタンスは同等であることが要求されることもあり、その解決手段として、圧粉磁芯の透磁率の向上、及び周波数特性の改善が強く望まれている。一般に、圧粉磁芯の透磁率を向上させる方法には、大別して次の2点が考えられる。

【0005】 つまり、(1) 原料である金属粉末自体の透磁率を向上する、(2) 金属粉末の充填率、即ち、成形体密度を向上する、という方法である。

【0006】 従来、透磁率を向上させる方法としては、主に金属粉末の充填率の向上に重点が置かれており、その手段として、例えば、成形圧力を上げる、バインダー条件を種々変化させる、二つ以上の異種形状、粒度、組成などの異なる合金粉末の配合などが検討されている。

【0007】 しかしながら、前記の方法による圧粉磁芯の透磁率の向上については、既に検討が尽くされており、例えば、成形圧力を上げる方法にしても、これによって金型の寿命が短縮するなどの、製造コストの面から無視できない問題が発生している状況にある。このため、現状の特性レベルからの大幅な改善は、困難な状況にあり、到底近年の機器の小型化に対応できるものではない。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 従って、本発明の技術的な課題は、高い透磁率で、しかも高周波特性に優れた圧粉磁芯を容易に製造できる方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明は、前記問題の解

決のため、原料となる合金粉末のアスペクト比を大きくして合金粉末の透磁率を向上すること、合金粉末表面に酸化被膜を形成して渦電流損失を低減すること、圧縮成形工程で合金粉末に生じる歪みを除くことなどを検討した結果なされたものである。

【0010】即ち、本発明は、 $Fe-Si-Al$ を主成分とし、篩による分級粒径が $150\mu m$ 以下の合金粉末と、バインダーからなり、 $20kHz$ における交流比透磁率： $\mu 20kHz$ が 1.00 以上、かつ、 $20kHz$ 、 $0.1T$ の測定条件における鉄損特性が、 $100kW/m^3$ 以下であることを特徴とする圧粉磁芯である。

【0011】また本発明は、前記の圧粉磁芯において、前記合金粉末のアスペクト比は 1 ないし 2 であることを特徴とする圧粉磁芯である。

【0012】また、本発明は、前記の圧粉磁芯において、前記合金粉末は、双ロール式の液体急冷装置で作製された粉末を、機械的に粉砕してなることを特徴とする圧粉磁芯である。

【0013】また、本発明は、前記の圧粉磁芯において、前記合金粉末は大気中で $500\sim 900^{\circ}C$ の温度範囲で熱処理されてなることを特徴とする圧粉磁芯である。

【0014】また、本発明は、前記の圧粉磁芯において、前記バインダーはシリコン系樹脂からなり、 $9.8\sim 19.6MPa$ の成形圧力で成形され、成形体密度が $5.0\sim 1.000$ の温度範囲で熱処理されてなり、かつ、成形体密度が $5.3\sim 6.1g/cm^3$ であることを特徴とする圧粉磁芯である。

【0015】また、本発明は、前記の圧粉磁芯に、少なくとも 1 ターン以上の巻線が施してなることを特徴とするチョークコイル及びトランスである。

【0016】また、本発明は、 $Fe-Si-Al$ を主成分とする合金を双ロールを備えた液体急冷装置により粉末化する工程、前記合金粉末を機械的に粉砕する工程、前記機械的に粉砕された合金粉末を篩により分級する工程、前記分級された合金粉末を大気中で熱処理する工程、前記熱処理された合金粉末を成形する工程、前記成形体を熱処理する工程を含むことを特徴とする、前記の圧粉磁芯の製造方法である。

【0017】また、本発明は、前記の圧粉磁芯の製造方法において、前記分級工程に用いる篩の目開きが、 $150\mu m$ であることを特徴とする圧粉磁芯の製造方法である。

【0018】また、本発明は、前記の圧粉磁芯の製造方法において、前記合金粉末の熱処理を、 $500\sim 900^{\circ}C$ の温度範囲で行うことを特徴とする圧粉磁芯の製造方法である。

【0019】また、本発明は、前記の圧粉磁芯の製造方法において、前記成形工程の成形圧力の範囲が、 $9.8\sim 19.6MPa$ であることを特徴とする圧粉磁芯の製

造方法である。

【0020】また、本発明は、前記の圧粉磁芯の製造方法において、前記成形体の熱処理を、 $500\sim 1000^{\circ}C$ の温度範囲で行うことを特徴とする圧粉磁芯の製造方法である。

【0021】

【作用】一般に、磁性合金の粉末を圧縮成形して得られる圧粉磁芯においては、原料粉末のアスペクト比を大きくすることにより、圧粉磁芯の透磁率が向上することが知られており、しかも高アスペクト比の粉末で作製された圧粉磁芯は、高周波特性において優れた特性を示すことが知られている。

【0022】しかし、高アスペクト比の粉末を得るためには、アトマイズ法などにより作製された原料粉末をボールミルなどにより偏平化処理を行わなければならないが、このような処理が、製造工程、コストの面において無視できないものとなっている。従って、原料粉末自身が偏平な形状で得られることが理想的である。

【0023】そこで、合金粉末の製造方法について、検討を行った結果、双ロール式の液体急冷法で原料粉末を作製することにより、適当なアスペクト比を持つ粉末を偏平化処理しないで作製でき、この粉末を用いることで、低コストで圧粉磁芯が得られることが見出された。なお、従来の金属粉末の製造方法の一つである、アトマイズ法で作製した金属粉末は、元来、粒形状が球に近いので、本発明による方が、より低コストで圧粉磁芯が得られるのは勿論である。

【0024】次に、請求項に記載した、合金粉末のアスペクト比、温度範囲などの限定理由について述べる。前記のように、合金粉末は、双ロール式液体急冷法よりフレーク状粉末として得られるので、適当なアスペクト比の合金粉末が偏平化処理なしで得られる。アスペクト比を 1 より大きく、かつ 2 より小さくした理由は、前記のように一般に圧粉磁芯においては、合金粉末のアスペクト比が大きく、成形体密度が高い方が高透磁率となるが、アスペクト比があまりに大きいと、成形工程で成形体密度を一定以上とするのが困難なためである。

【0025】そして、検討結果によると、所要の磁気特性を得るためには、成形体密度を $5.3\sim 6.1g/cm^3$ とする必要があることが確認され、アスペクト比を実質的に 1 より大きく、かつ 2 より小さくした粉末で圧粉磁芯を作製することにより、 $9.8\sim 19.6MPa$ の成形圧力で $5.3\sim 6.1g/cm^3$ の適当な成形体密度が得られ、なおかつ、低ロス、高透磁率で高い周波数特性の磁芯特性が得られることが、明らかとなったため、この範囲とした。

【0026】また、粉末の熱処理は、表面に絶縁層として機能する酸化膜を形成し、渦電流損失を低減するために施すが、熱処理温度が、 $500^{\circ}C$ 以下では適当な酸化被膜ができずコアロスが増加し、 $900^{\circ}C$ 以上では、焼

結により合金粉末粒子の結合が生じ、成形体全体のロスが増加してしまうため、500～900℃の範囲とした。成形後の圧粉磁心の熱処理温度については、500℃以下では歪みが十分に除去できず、1000℃以上では、やはり焼結により合金粉末粒子の結合が生じ、合金粉末間の絶縁が確保できず、ロスが増加してしまうため、500～1000℃の範囲とした。

【0027】

【実施例】次に、具体的な例を挙げ、本発明の実施例について説明する。

【0028】（実施例1）10重量% Si-6重量% Al-残部 Fe なる組成の合金をアルゴンガス雰囲気中で高周波溶解し、溶湯を直径が4mmのノズルから、回転数が3000 r.p.m.の銅製の双ロール表面に噴射することで、厚さが20～70μmのフレック状合金粉末を製作した。このフレック状粉末を振動漏斗にて10分間粉砕を行った。このように粉砕を行った粉末を、目開きが150μmの篩を用いて分級を行い、アスペクト比の測定を行なったところ、アスペクト比は1～2の範囲であった。

【0029】次に、この粉末に600℃、2時間にて大気中で熱処理を施し、その後、シリコーン樹脂を1.0重量%、ステアリン酸亜鉛を0.3重量%混合し、外径13mm、内径8mmの金型を用い、室温で12MPaの圧力で成形し、トロイダル形状の圧粉磁芯を得た。この圧粉磁芯に720℃、2時間、アルゴン雰囲気中で熱処理を施した。

【0030】次に、これら圧粉磁芯に対して巻線を施し、周波数特性と20kHzにおけるロスの測定を行った。また、比較のため、本実施例と同一の組成で、水アトマイズ法で製作した合金粉末についても、ボールミルによる扁平化処理と分級を行い、アスペクト比が1～2で、粒径が150μm以下の合金粉末を製作し、本実施例と同様の条件でトロイダル形状の圧粉磁芯の製作と評価を行った。図8は、巻線を施したトロイダル形状の圧粉磁芯の略略図である。

【0031】図1は、本実施例と比較例の圧粉磁芯の、周波数特性の測定結果を示す図、図2は、本実施例と比較例の圧粉磁芯の20kHzにおけるロスの測定結果を示す図である。図1で、101は本実施例の結果、102は比較例の結果を示す。また、図2で、201は本実施例の結果、202は比較例の結果を示す。図1及び図2から明らかなように、本発明により、合金粉末の扁平化処理を行なうことなく、高特性の圧粉磁芯が得られることが分かった。

【0032】（実施例2）実施例1記載の方法で合金粉末を製作し、この合金粉末に、大気中で400℃、500℃、700℃、900℃、1000℃の温度にて熱処理を施し、シリコーン樹脂を1.0重量%、ステアリン酸亜鉛を0.3重量%混合し、外径13mm、内径8mm

mの金型を用い、室温で12MPaの圧力で成形し、トロイダル形状の圧粉磁芯を得た。この後は、実施例1と同様に熱処理と評価を行なった。

【0033】図3は、これらの圧粉磁芯に使用した合金粉末の、熱処理温度とロスの関係についての評価結果を示したものである。図3より、粉末の熱処理が500℃以下ではロスは100kW/m³以上であり、900℃以上ではロスの値が100kW/m³以上に増加するという結果が得られた。この結果から、粉末の熱処理温度の適正範囲は、500～900℃であることが分る。

【0034】（実施例3）実施例1記載の方法で圧粉磁芯を製作し、この圧粉磁芯に400℃、500℃、700℃、900℃、1200℃で、2時間、アルゴン雰囲気中で熱処理を施し、次いで圧粉磁芯に巻線を施し、20kHz、0.1Tという条件でロスの測定を行った。図4は、これらの圧粉磁芯についての、熱処理温度とロスの関係についての評価結果を示す。図4より、成形体の熱処理が500℃以下では歪みの除去が不十分でロスが高く、1000℃以上では、バインダーによる絶縁が破壊されたことに起因すると推定される、ロスの値の増加が見られた。

【0035】（実施例4）実施例1記載の方法で製作したフレック状粉末に、粉砕を施した後、目開きが、250μm、150μm、90μm、45μmの篩を用いて分級した。これら粉末に大気中で600℃、2時間熱処理を施し、次いでシリコーン樹脂を1.0重量%、ステアリン酸亜鉛を0.3重量%混合し、外径13mm、内径8mmの金型を用い、室温で4.9MPa、9.8MPa、14.7MPa、19.6MPa、24.5MPaで成形し、トロイダル形状の圧粉磁芯を得た。

【0036】これらの圧粉磁芯に、720℃、2時間、アルゴン雰囲気にて熱処理を施した。このときの成形体密度、交流比透磁率と20kHz、0.1Tにおけるロスの測定を行なった。図5は、成形圧力と成形体密度の関係の評価結果を示し、図6は、交流比透磁率とロスの測定結果を示す。

【0037】図5において、曲線501は、45μmの篩を通過した合金粉末、曲線502は、90μmの篩を通過した合金粉末、曲線503は、150μmの篩を通過した合金粉末、曲線504は250μmの篩を通過した合金粉末の結果を示す。また、図6において、曲線601、605は、45μmの篩を通過した合金粉末、曲線602、606は、90μmの篩を通過した合金粉末、曲線603、607は、150μmの篩を通過した合金粉末、曲線604、608は、250μmの篩を通過した合金粉末の結果を示す。

【0038】図5から、成形体密度は、粒径が45μm以下、90μm以下、150μm以下、250μm以下の順に、高い数値を示し、圧粉密度の観点のみからは、合金粉末の粒径は小さい程よい、ということになるが、

図6に示した結果からは、粒径が $150\mu\text{m}$ 以下の合金粉末を用い、成形圧力が 9.8MPa 以上の圧粉磁芯が最も低いロスを示した。なお、圧力が 24.5MPa では、金型の損傷が著しく、圧粉磁芯の特性測定は行なえなかった。

【0039】このような結果となったのは、粒径の減少に伴い成形体密度が増加するものの、同一条件で合金粉末の熱処理を行った場合、合金粉末の比表面積が粒径の減少に伴い、酸化被膜の合金粉末全体における占積率が高くなること、同一条件で成形体の熱処理を行った場合、合金粉末の粒径の減少に伴い、焼結の程度が著しくなることなどが、原因として考えられる。

【0040】なお、本発明においては、使用する合金粉末のアスペクトを1~2に限定しているが、その理由は、前記のように、透磁率を向上すること、一定以上の成形体密度を得ることである。そこで、成形体密度を一定以上にするための、合金粉末の最適アスペクト比を検証するための実験を行なった。

【0041】まず、実施例1と同様に作製した合金粉末に、ボールミルを用いた扁平化処理を施し、目開きが $150\mu\text{m}$ の篩による分級を行なって、アスペクト比の異なる合金粉末を調製した。これらの合金粉末を 18MPa の圧力で成形し、成形体密度を測定した。図7は、成形体密度の測定結果を示したものである。図7から、アスペクト比の増加に伴い、成形体密度が低下し、この合金粉末で十分な透磁率を得るために必要な、 $5.3\text{g}/\text{cm}^3$ 以上という数値を確保するためには、アスペクト比を2.0以下とする必要があることが分かる。

【0042】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明によれば、コスト増加の要因となる、合金粉末の扁平化工程を

要することなく、簡便な方法で、最適のアスペクト比を具備した合金粉末が得られ、さらに熱処理条件、成形条件を最適化することで、 Fe-Si-Al 系合金を用いた圧粉磁芯に、優れた磁気特性を付与することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1と比較例の圧粉磁芯の周波数特性の測定結果を示す図。

【図2】実施例1と比較例の圧粉磁芯の 20kHz におけるロスの測定結果を示す図。

【図3】実施例2の圧粉磁芯に使用した合金粉末の熱処理温度とロスの関係を示す図。

【図4】圧粉磁芯の熱処理温度とロスの関係についてのロスの評価を示す図。

【図5】成形圧力と成形体密度の関係の評価結果を示す図。

【図6】交流比透磁率とロスの測定結果を示す図。

【図7】成形体密度の測定結果を示す図。

【図8】巻線を施したトロイダル形状の圧粉磁芯の概略図。

【符号の説明】

101, 201 実施例の結果

102, 202 比較例の結果

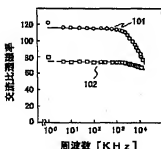
501, 601, 605 $45\mu\text{m}$ の篩を通過した合金粉末の結果

502, 602, 606 $90\mu\text{m}$ の篩を通過した合金粉末の結果

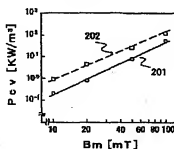
503, 603, 607 $150\mu\text{m}$ の篩を通過した合金粉末の結果

504, 604, 608 $250\mu\text{m}$ の篩を通過した合金粉末の結果

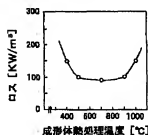
【図1】



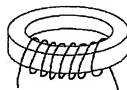
【図2】



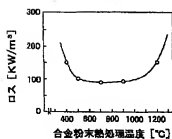
【図3】



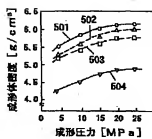
【図8】



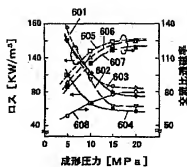
【図 4】



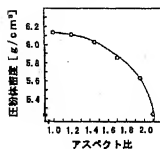
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

マークド (参考)

H 0 1 F 1/26

H 0 1 F 1/26

D

27/255

27/24